

Claas Tucano 450, ningún grano de calidad sin recoger



El pasado mes de julio tuvimos la oportunidad de ensayar una cosechadora Claas. La empresa puso a nuestra disposición una máquina de pre-serie de la nueva generación de cosechadoras Tucano. En la próxima campaña estarán disponibles en el mercado ocho nuevos modelos Tucano divididos en las series 300, 400 y 500. La filosofía es acercar las Tucano a las prestaciones de sus hermanas, las Lexion. Nosotros trabajamos con una Tucano 450 equipada con un cabezal de corte C750.

P. Barreiro, A. Moya; B. Diezma y M. Garrido.

LPF_TAGRALIA. UPM. CEI Moncloa.

Las cosechadoras Tucano 450 incorporan el sistema de trilla APS, en el que un acelerador y un pre-cóncavo se sitúan delante del cilindro desgranador, imprimiendo al material aceleraciones de 3 a 20 m/s² y elevadas fuerzas centrífugas, lo que permite un flujo uniforme del material y hasta el 30% de granos recogidos en el pre-cóncavo, según datos de Claas.

Acelerador y cilindro desgranador son accionados mediante un variador central. Cada vez que se cambia la velocidad del cilindro desgranador, cambia sincronizadamente el régimen de revoluciones del acelerador. El

cóncavo es graduado hidráulicamente desde el asiento del conductor. En cuestión de seguridad se incorpora un dispositivo hidráulico de protección contra sobrecargas, de modo que los cóncavos son pretensados hidráulicamente y se abren en caso de puntas de presión, retornando automáticamente a la posición de trabajo ajustada tras librar el objeto extraño.

En lo que se refiere a la mejora de los tiempos accesorios de trabajo, la nueva Tucano 450 incorpora una tolva de mayor capacidad y un caudal de descarga de 105 l/s, lo que permite vaciar la tolva en un mínimo de 2 minutos. Además, la nueva Tucano ofrece una mayor altura y anchura de traspaso de carga, lo que facilita la operación de llenado de grandes vehículos de transporte.

En cuanto al motor, la cosechadora incorpora un motor Mercedes-Benz que cum-

ple con la normativa Tier 4 mediante una reducción catalítica selectiva (SCR). La urea necesaria para ello es almacenada en un depósito de 57 l. Una reducción adicional de los óxidos de nitrógeno se logra mediante un retorno refrigerado de los gases de escape (EGR). El **cuadro I** recoge un resumen de las especificaciones técnicas de la Tucano 450.

Caracterización de las parcelas

Los ensayos tuvieron lugar en tres parcelas situadas en Santa María la Real de Nieva (Segovia), propiedad de José Bartolomé, empleando las máquinas de una sociedad de servicios a terceros, Hermanos Tejedor Esteban S.C. Tal y como se aprecia en la **figura 1** se cosecharon tres parcelas, realizándose el correspondiente traslado entre ellas. En la primera parcela se ha resaltado una zona de cebada encamada que, por su peculiaridad, se ha analizado de forma segregada.

Registro de datos

Como en ocasiones anteriores, se instaló un GPS diferencial para georreferenciar la información (latitud, longitud, altitud, velocidad) a una frecuencia de 1 Hz, y se registraron todos los datos de varias centralitas electrónicas, seleccionándose los más interesantes (**cuadro II**): regulación de la cosechadora (11 variables (v) seleccionadas y 567 registros/v), motor (5 v y 1227 registros/v), control de urea (3 v y 619 registros/v), control de emisiones (3 v y 567 registros/v).

Productividad y pérdidas

Los ensayos de cosecha se llevaron a cabo en dos parcelas diferentes, ambas cultivadas de cebada de dos carreras. La falta de agua durante la primavera provocó un grano mermado en muchos de los cereales de invierno cultivados en la zona, efecto que resultó especialmente notable en la primera parcela ensayada, en la que la producción superficial se cuantificó en 1.882 kg/ha (**cuadro III**), mientras que la segunda parcela ensayada, seleccionada entre las mejores disponibles por el agricultor, la estimación de la producción alcanzó los 3.432 kg/ha. Estas producciones, así como las de paja, se cuantificaron a partir de la recolección y trilla manual de muestras en campo.

Otro de los hechos a reseñar es la heterogeneidad en la producción superficial en el caso de la primera parcela, que presentaba algunos rodales y

CUADRO I. Especificaciones técnicas Tucano 450.	
Sistema de trilla	
Órganos de trilla con acelerador (APS)	
Régimen de revoluciones del acelerador	80% del cilindro desgranador
Anchura del cilindro (mm)	1.580
Diámetro del cilindro (mm)	450
Régimen del cilindro desgranador (r/min)	650-1.500
Con engranaje reductor	280-1.500
Cóncavo 7/18	
Ángulo envolvente de la separación previa (grados)	60
Ángulo envolvente del cóncavo (grados)	151
Chapas desgranadoras plegables desde el exterior	
Reglaje hidráulico del cóncavo	
Dispositivo recogedor de piedras grande	
Separación del grano restante	
6 sacudidores	
4 escalones de sacudidores	
2 sacudidores intensivos	
Longitud de los sacudidores (m)	4,4
Superficie de los sacudidores (m²)	7
Superficie de separación (m²)	8,75
Limpieza	
Fondo de preparación extraíble	
Ventilador con turbina de 6 piezas	
Reglaje del ventilador eléctrico	
Caja de cribas partida, con contramarcha	
Regulación de las cribas eléctrica	
Retorno visible durante la marcha desde la cabina	
Superficie total de cribas (m²)	5,65
Depósito de granos	
Capacidad (l)	9.000
Ángulo de giro del tubo de descarga (grados)	99
Capacidad de descarga (l/s)	105
Motor	
Fabricante Mercedes-Benz	
Normativa de gases de escape Stage IV (Tier 4)	
Tratamiento posterior de los gases de escape SCR+EGR	
Cilindros/cilindrada (cantidad/l)	6/7,7
Potencia máxima (ECE R 120) (kW)	230
Capacidad del depósito (l)	650
Depósito de urea (l)	57
Pesos	
Peso (kg)	12.750
Dimensiones	
Eje motriz, según tamaño de neumáticos (m)	3,47-4,88
Eje directriz, según tamaño de neumáticos (m)	3,26-3,7



Foto 1. Vista de la cebada encamada en la parcela 1.

franjas con producciones muy inferiores a la media de la parcela (escasamente por encima de los 1.000 kg/ha) y otros con una producción muy superior (cerca de los 3.000 kg/ha), normalmente correspondientes a zonas donde el cereal se encontraba encamado. Esta circunstancia es especialmente relevante a la hora de contabilizar las pérdidas de grano durante la cosecha, reflejadas en el **cuadro IV**.

CUADRO II. Variables registradas durante los ensayos.

Regulación cosechadora	
1	Régimen caja de cambios (rpm)
2	Régimen del molinete (rpm)
3	Palpador izquierdo (0/1)
4	Régimen del rotor sacudidores (rpm)
5	Régimen del ventilador (rpm)
6	Régimen del elevador granzas (rpm)
7	Posición del cóncavo (%)
8	Régimen del c. desgranador (rpm)
9	Inversor de giro del molinete
10	Régimen del elevador de grano (rpm)
Motor	
12	Consumo horario (l/h)
13	Presión common rail (bar)
14	Nivel de alarma del SCR
15	Régimen del motor (rpm)
16	Par motor (N m)
Control de urea	
17	Consumo másico de urea (g/h)
18	Temperatura (°C)
19	Calidad (%)
Control de emisiones	
20	Concentración inicial de NOx (ppm)
21	Concentración de NOx tras SCR (ppm)
22	Carga motor (%)

Las pérdidas de grano se cuantificaron mediante el lanzamiento de anillos ciegos tras el paso del cabezal y antes del paso de la descarga. No se apreciaron pérdidas significativas en el cabezal, al no aparecer bajo los anillos grano suelto y no existir diferencias entre el número de espigas encontradas y las esperables según los muestreos de producción superficial, ni siquiera en la zona con el cereal encamado. La ausencia de piedras en las parcelas ensayadas permitió ajustar certeramente la altura de corte.

CUADRO III. Producciones de grano y paja de las parcelas donde tuvieron lugar los ensayos.

	Parcela 1	Parcela 2
Producción grano (kg/ha)	1.882	3.432
Producción de paja estimada (kg/ha)	2.907	3.564
Relación paja/grano	1,54	1,04

CUADRO IV. Pérdidas de grano expulsadas por la cosechadora en cada uno de los ensayos realizados.

	Parcela 1		Parcela 2
	Normal	Encamado	
Pérdidas de grano (kg/ha)	4,18	9,31	7,37
Pérdidas de grano (%)	0,22%	0,49%	0,21%

CUADRO V. Calidad del grano presente en la tolva en los distintos ensayos realizados.

Contenido de la tolva	Parcela 1	Parcela 2
Grano limpio	89,9%	96,8%
Grano parcialmente limpio	1,6%	1,0%
Grano partido	7,8%	1,9%
Grano otras especies	0,7%	0,2%

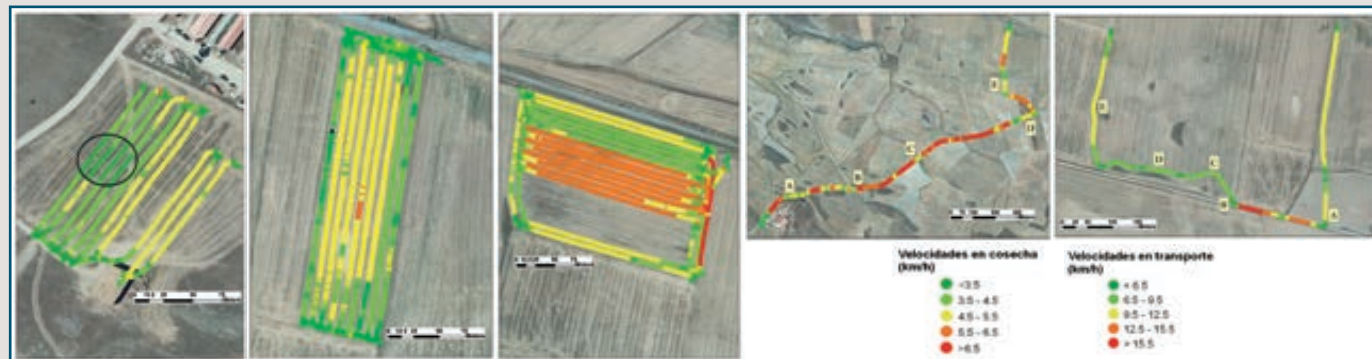
En ambos ensayos el grano tirado por la cosechadora se situó en un más que aceptable 0,2%, resultando el mayor porcentaje (0,5%) de grano tirado en las zonas con cereal encamado, que puede ser parcialmente justificable por el aumento de carga que supone para la cosechadora alcanzar estas zonas de mayor producción, pero que principalmente es más alto debido a la distorsión de referirlo a la productividad media de la finca. En el caso de referir estas pérdidas de grano a la productividad local de las zonas

encamadas el porcentaje de grano tirado se situaría en torno al 0,3%.

Por último se tomaron muestras del grano de la tolva que fueron posteriormente caracterizadas en laboratorio (**cuadro V**). En estas muestras sí se aprecian claras diferencias entre la calidad del grano de la segunda parcela respecto a la primera: un peso específico (42,84 g/1.000 granos) significativamente mayor junto a una menor presencia de grano parcialmente limpio o roto que en la parcela 1 (25,63 g/1.000 granos) y mayor

Figura 1

Perfiles de velocidad en las parcelas ensayadas, y sus correspondientes traslados.





Fotos 2 y 3. Vista del trabajo realizado por la cosechadora Claas Tucano 450 en la parcela 2.

suciedad. Hay que señalar que el elevado porcentaje de grano roto en la tolva registrado en la parcela 1 (7,8%) es achacable a la fragilidad del grano mermado y no a la propia cosechadora, lo que se pudo constatar en el proceso de trilla manual en el que los granos más mermados se rompían con gran facilidad.

Calidad del grano

Un aspecto que hemos querido evaluar en esta ocasión, ha sido la calidad del grano recogido respecto a la mínima proporción de grano perdido. Para ello hemos decidido emplear uno de los equipos más avanzados del laboratorio: la imagen hiperespectral en el

rango visible e infrarrojo cercano (400-1.000 nm). La técnica, en material vegetal, contribuye a segregar productos en función de los pigmentos (de especial relevancia la degradación de clorofila) y del contenido en agua.

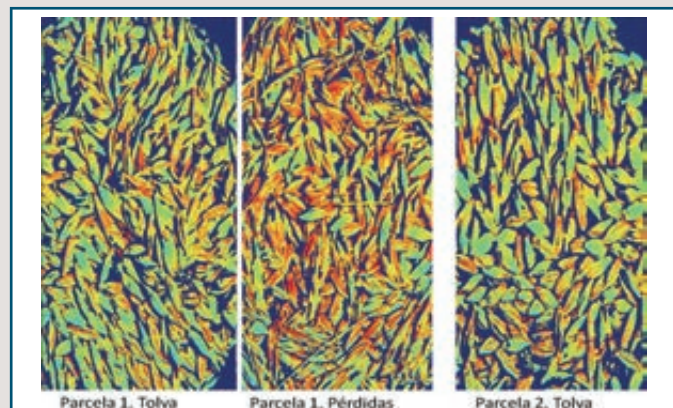
En este trabajo se han tomado imágenes de granos procedentes de la tolva de la parcela 1 y de la parcela 2 y granos de las mues-



Fotos 4 a 7. Las pérdidas de grano se cuantificaron mediante el lanzamiento de anillos ciegos tras el paso del cabezal y antes del paso de la descarga.

Figura 2

Imágenes artificiales de calidad de grano (resultado del análisis de las imágenes hiperespectrales).



tras de pérdidas de la parcela 1. La aplicación de técnicas de análisis multivariante de datos a las imágenes, permite hacer todavía más patente lo que ya se aprecia en las imágenes RGB: la mayor parte de los granos que se encuentran en la muestra de pérdidas corresponden a granos muy mermados y de peor calidad (tonos rojizos en la **figura 2**). En la misma figura se pueden apreciar también las diferencias en la calidad del grano entre las dos parcelas.

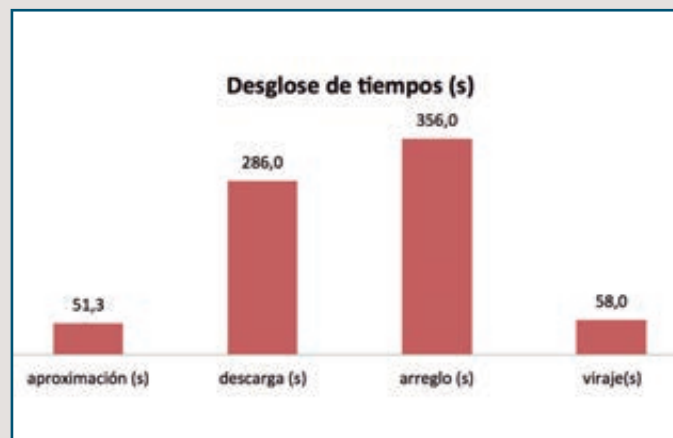
Bien cabe plantearse aquí que no debe llegarse a la situación de recoger aquello que no tiene calidad, considerando que el grano perdido en las parcelas más afectadas por la sequía primaveral en esta campaña es más un destrío que una pérdida.

Capacidad de trabajo

La **figura 3** muestra el desglose de tiempos derivado del análisis de datos del GPS.

Figura 3

Tiempos medios de las tareas accesorias en campo.



Se realizaron tres descargas de la tolva (9.000 l), dos de ellas completas. El tiempo medio de aproximación desde el final de la línea al remolque se situó en 51 s, mientras que el tiempo medio de descarga de la tolva completa fue inferior a 5 minutos (286 s). Durante el trabajo se produjo la rotura de una cuchilla debido a la presencia de un alambre en la parcela, cuya reparación duró algo menos de 6 minutos (356 s). En este análisis destaca la duración media de los virajes (58 s) debido a la anchura del cabezal 7,5 m y a la necesidad de realizarlos en T, es decir avance-retroceso-acceso a línea.

Empleando los datos anteriormente indicados, así como la productividad superficial y la densidad del grano, se ha elaborado el **cuadro VI** que recoge varios supuestos de longitud de besana (150 y 250 m, similar a la primera y segunda parcela), y de velocidad de trabajo (4 y 6 km/h), obteniéndose rendimientos efectivos entre un 52,2 y un 74,4% y capacidades

de trabajo efectivas entre 1,864 ha/h y 2,716 ha/h. Dados los bajos niveles de productividad (kg/ha), en el cómputo del rendimiento efectivo inciden más los tiempos accesorios de viraje que los de descarga, situación muy diferente a otras latitudes.

Regulación de la máquina

Los empresarios y operadores de la máquina seleccionaron el programa más adecuado a la cebada de dos carreras que se recogió en este ensayo. El **cuadro VII** resume los valores medios de régimen de giro (rpm) del molinete, del cilindro desgranador, de los sacudidores, y del ventilador en las cinco unidades experimentales: parcela 1 en zona encamada, parcela 1 en zona menos encamada, y parcela 2 a 3,5; 4,5 y 5,5 km/h de velocidad de avance. Se incluye además el régimen de salida de la caja de cambios que nos permite verificar que los parámetros permanecieron muy constantes independientemente de la velocidad de avance. Sólo el molinete de la plataforma de corte registró un ligero incremento del valor medio a 5,5 km/h respecto a 3,5 km/h; aunque la cuantía es irrelevante es de hecho consistente y estadísticamente significativa al 5% ($F=3,34$) dado el número de registros.

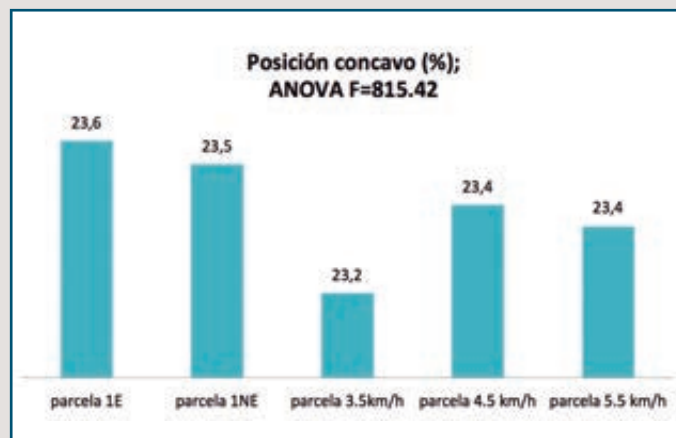
El único parámetro de regulación que se vio modificado de forma automática durante el ensayo fue la distancia entre el cilindro desgranador y cóncavo. Los valores aportados por el sensor indican que fue un 1% superior en la primera parcela que en la segunda (**figura 4**), siendo mínima en la velocidad más

CUADRO VI. Capacidad de trabajo teórica y efectiva para distintos escenarios de velocidad y longitud de besana.

Productividad (kg/ha)	Densidad (g/l)	Capacidad (kg)	Besana (m)	Velocidad (km/h)	CT teórica (ha/h)	Rdto. Efectivo	CT efectiva (ha/h)
1.900	606	5.454	150	4	3,00	66,0	1,980
				6	4,50	56,4	2,539
			250	4	3,00	74,4	2,233
				6	4,50	66,0	2,971
3.500	694	6.246	150	4	3,00	62,1	1,864
				6	4,50	52,2	2,350
			250	4	3,00	69,5	2,086
				6	4,50	60,4	2,716

Figura 4

Posición del cóncavo en diferentes condiciones de trabajo.



baja (3,5 km/h). En este caso las diferencias son muy significativas ($F=815,42$). Cabe destacar que en la primera parcela la variabilidad en la productividad superficial fue muy superior, y por tanto también las fluctuaciones de flujo másico en el interior.

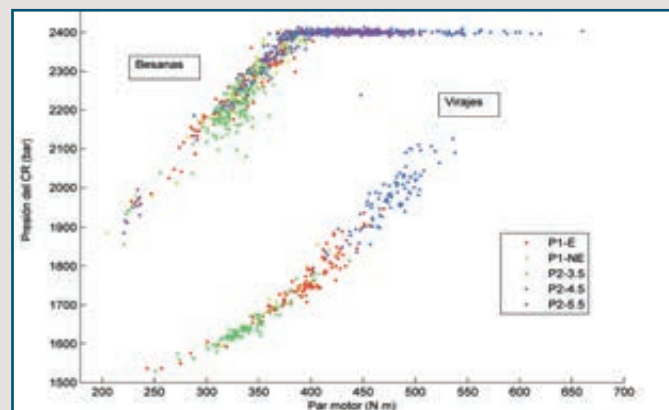
El análisis de la inversión del giro del molinete nos permite afirmar que sólo en una ocasión en la primera parcela se produjo un atasco que precisara de la intervención del operador. Situación bien distinta del trabajo con colza como verificamos la campaña anterior.

Funcionamiento del motor y consumo de combustible

La **figura 5** muestra el funcionamiento del motor (par -N m- y presión del common rail -bar-) en las unidades experimentales ya

Figura 5

Valores de par motor frente a presión en el common rail para las cinco unidades experimentales.



CUADRO VII. Valores medios de variables de funcionamiento de la cosechadora en diferentes condiciones de trabajo.

	N	R_CajaCambios	R_molinete	R_sacudidores	R_ventilador	R_desgranador
Parcela 1 E	122	1.446,78	27,77	211,61	1.182,84	1.229,88
Parcela 1 NE	105	1.435,18	27,69	211,70	1.182,43	1.233,60
Parcela 3,5 km/h	130	1.099,86	27,63	211,33	1.180,77	1.234,44
Parcela 4,5 km/h	162	1.552,98	27,76	210,88	1.179,46	1.226,81
Parcela 5,5 km/h	48	2.119,00	27,85	211,17	1.180,69	1.237,90

identificadas. Tanto a 4,5 km/h como a 5,5 km/h se alcanzan los valores máximos de presión de inyección (2.400 bar) y par motor (650 N m). Los virajes son fácilmente identificables por el descenso en la presión de inyección.

La **figura 6** resume los resultados de consumo de combustible (l/ha) calculados

a partir de los valores medios de consumo horario registrados por la centralita del motor, y de la capacidad de trabajo efectiva (ha/h).

Podemos verificar también que el régimen del motor se mantuvo muy constante alrededor de 2.250 rpm independientemente de la velocidad de avance (**figura 7**).

Figura 6

Valores medios de consumo horario de combustible.

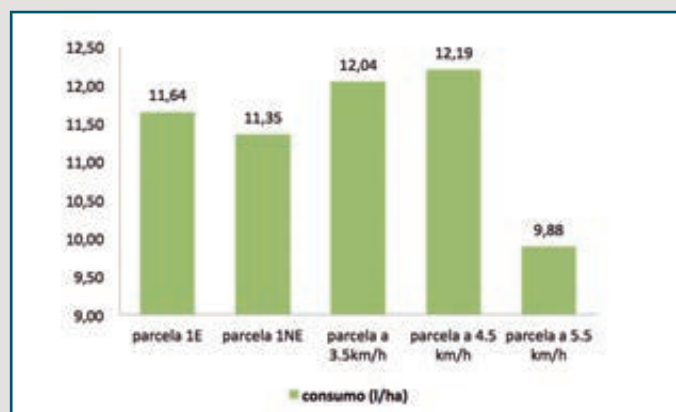
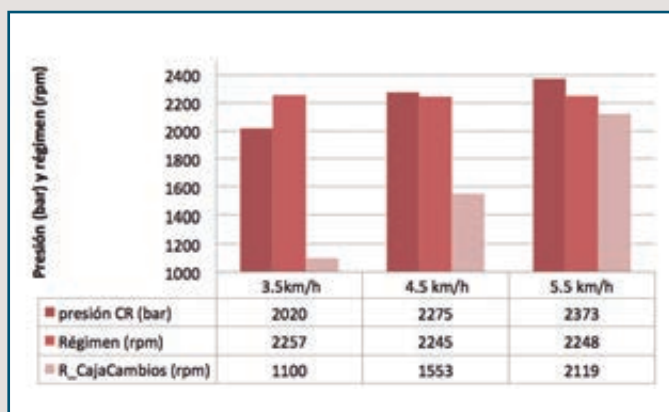


Figura 7

Valores del régimen del motor durante los ensayos en la parcela 2.





Fotos 8 y 9. Durante la prueba se realizaron tres descargas de la tolva, dos de ellas completas, con un tiempo medio de descarga inferior a 5 minutos.

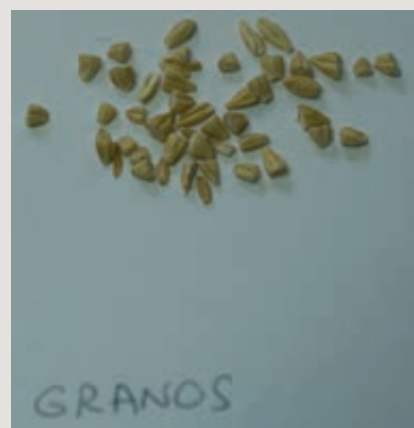
Análisis de emisiones

La **figura 8** muestra los valores de consumo relativo de urea respecto a gasoil, expresado en términos máscos y volumétricos. Los valores más elevados se obtuvieron en la zona encamada de la parcela 1, viéndose asimismo incrementados a mayores velocidades de avance.

La **figura 9** muestra a las claras la efectividad del sistema SCR en el control de las emisiones de NOx pues en todos los casos el valor de entrada es superior a 150 ppm siendo el valor de concentración de salida inferior a 35 ppm, es decir una reducción en promedio del 86%.

A título de conclusión

La cosechadora Claas Tucano 450 ensayada aquí, con 7,5 m de ancho de corte y 9.000 l de capacidad de tolva, dispone de una capacidad de procesado (25 t/h) que cubre con creces cualquier requerimiento en



Fotos 10 y 11. Granos partidos extraídos de la tolva de la parcela 1 (izda) y de la parcela 2 (drcha).

nuestras latitudes en un año de sequía como éste. Fruto de ello, encontramos una eficiencia a la recolección del 99,78% con niveles de pérdida de grano ínfimos (0,22%).

El análisis del grano perdido en los sacudidores y cribas nos indica que está bien tirado, por ser vano, de baja calidad y nula utili-

dad. Bien vale aquí señalarlo.

Los granos dañados en la tolva (1,9%) en la parcela 2 nos avisan de que la trilla se llevó al límite, aspecto que verificamos en la cebada de la parcela 1, frágil como el cristal.

La máquina mantiene de manera milimétrica las regulaciones seleccionadas por el



Foto 12. Peso en báscula.



Foto 13. Muestreo para la determinación de la producción.

Figura 8

Consumo relativo de urea.

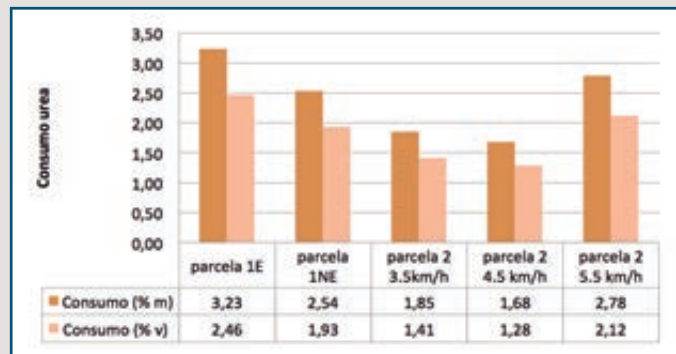
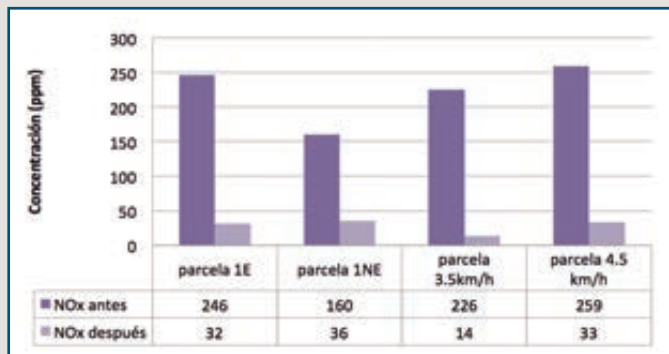


Figura 9

Concentración de Nox a la entrada y a la salida del sistema SCR.



Fotos 14 y 15. Muestra de 1.000 granos de la tolva de la primera parcela (arriba) y de la segunda parcela (abajo).

operador. Cabe plantearse si estamos preparados para seleccionar de forma adecuada los valores de consigna que se adecuan a nuestras condiciones de producción.

Los valores medios de consumo de combustible se sitúan por debajo de 12 l/ha y pueden incluso ser inferiores a 10 l/ha cuando se apura al alza la velocidad de avance. En estos ensayos en ningún caso se alcanzaron valores medios de carga del motor, superiores al 60%.

El consumo volumétrico de urea está por debajo del 2,5% con una reducción de las emisiones de NOx del 86%.

Nunca hasta ahora habíamos podido re-



Fotos 16 a 21. De izda a drcha y de arriba a abajo: mandos de la cosechadora, motor, sensor de llenado de la tolva, tolva y elevador de grano limpio, sacudidores y vista desde el interior de la cabina de la Tucano 450.

gistrar tanta variedad de datos (regulación, motor, consumo, emisiones). Es un ejercicio de transparencia encomiable que con toda seguridad veremos incorporar al funciona-

miento regular de las máquinas. Ahora bien, incluso entonces, si quiere saber la calidad final, bájese y compruebe. No dejará ningún grano de calidad sin recoger. ●